

USO DE SERVICIOS CLOUD PARA MIGRACIÓN DE CIUDADES  
TRADICIONALES A CIUDADES INTELIGENTES

DIANA MARIBEL REY GUTIERREZ



UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA INGENIERIA TELECOMUNICACIONES  
BOGOTA  
2019

USO DE SERVICIOS CLOUD PARA MIGRACIÓN DE CIUDADES  
TRADICIONALES A CIUDADES INTELIGENTES

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO DE  
TELECOMUNICACIONES



DIRECTOR DE TESIS: DIEGO FERNANDO BERMÚDEZ  
PHD. EN INFORMÁTICA

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
ESCUELA DE INGENIERIAS TIC  
FACULTAD DE INGENIERIA  
BOGOTA  
2019

**TESIS DE GRADO:**       USO DE SERVICIOS CLOUD PARA MIGRACIÓN DE  
                                  CIUDADES    TRADICIONALES    A    CIUDADES  
                                  INTELIGENTES.

**AUTOR:**                   DIANA MARIBEL REY GUTIERREZ

**ASESOR:**                 DIEGO FERNANDO BERMÚDEZ

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

## **AGRADECIMIENTOS**

Este proyecto de grado no hubiese sido posible sin el apoyo incondicional de Dios y de mi familia. También agradezco profundamente a los Dres. Diego Bermúdez y Luis Felipe Herrera, me siento honrada de trabajar con profesionales tan íntegros, su guía ha hecho posible la finalización de este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
INTRODUCCIÓN .....	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	10
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	11
3. HIPOTESIS .....	13
4. OBJETIVOS .....	14
4.1. OBJETIVO GENERAL .....	14
4.2. OBJETIVOS ESPÉCIFICOS.....	14
5. MARCO TEORICO.....	15
5.1. ESTADO DEL ARTE.....	15
5.2. MARCO CONCEPTUAL .....	18
6. CLOUD, BASE DE UNA SMART CITY .....	20
6.1. RETOS URBANOS.....	20
6.2. ARQUITECTURA DE UNA SMART CITY .....	30
6.3. SMART CITIES ACTUALES:.....	38
6.4. PASOS HACIA UNA SMART CITY .....	45
6.5. SERVICIOS CLOUD PARA LA SMART CITY .....	47
6.6. RECOMENDACIONES PARA COLOMBIA .....	56
7. CONCLUSIONES .....	59
8. BIBLIOGRAFÍA .....	61

## **RESUMEN**

Actualmente, las personas están cada vez más conectadas y desean mayores comodidades en los entornos en los que viven, es por eso, que las ciudades tienen grandes retos en el desarrollo de servicios que permitan facilitar la toma de decisiones.

Es por esto que, en las últimas décadas con el desarrollo de la tecnología, muchas ciudades han creado servicios basados en tecnologías de la información, dando a los ciudadanos herramientas que les permiten mejorar su calidad de vida. Los gobiernos han realizado avances en temas como educación, sostenibilidad, innovación, movilidad y transporte.

Colombia por su parte, está un proceso de desarrollo tecnológico importante, en donde se han realizado avances importantes en cuanto a servicios tecnológicos, sin embargo, en la mayoría de entidades del estado y ciudades del país aun presentan deficiencias en temas de infraestructura tecnológica. Esto hace que migrar de una ciudad tradicional a una inteligente sea un gran reto para el país, dando paso a convertirse en una ciudad que sea interesante para la inversión. Para avanzar en este proceso los servicios cloud se convierten en un aliado a la hora de iniciar una transformación, permitiendo a las ciudades contar con tecnología de punta sin tener una inversión económica que pueda poner en riesgo su estabilidad a largo plazo.

En este proyecto, se describen los diferentes elementos a tener en cuenta para el desarrollo de una Smart City, al igual que los diferentes tipos de servicios cloud que actualmente se encuentran en el mercado.

## **ABSTRACT**

Nowadays, people are more connected and want more comfort in the environments in which they live, that is why cities have great challenges in the development of services to facilitate decision-making.

This is why, in recent decades with the development of technology, many cities have created services based on information technologies, giving citizens tools that allow them to improve their quality of life. These governments have made progress in areas such as education, sustainability, innovation, mobility and transport.

Colombia, on the other hand, is undergoing an important development process, in which important advances have been made in terms of technological services. However, most state entities and cities in the country still have deficiencies in terms of technological infrastructure. This makes migrating from a traditional city to an intelligent one a great challenge for the country, giving way to become a city that is interesting for investment. To advance in this process, cloud services become an ally at the time of initiating a transformation, allowing cities to have state-of-the-art technology without having an economic investment that could jeopardize their long-term stability.

In this project, the different elements to be taken into account for the development of a Smart City are described, as well as the different types of cloud services that are currently on the market.

## INTRODUCCIÓN

Colombia, como país importante de América Latina y el Caribe (ALC) es protagonista de uno de los procesos de crecimiento demográfico más significativos, generando importantes consecuencias para la sostenibilidad, la calidad de vida y la competitividad. Hacer frente a estos retos supone una evolución en el ámbito de la gobernanza, así como el uso cada vez más eficiente de los recursos de nuestras ciudades, con miras a emprender una gestión inteligente.

Es por esto que el Ministerio de las Tecnologías de la información y las Comunicaciones MINTIC, desde hace varios años ha brindado lineamientos que permiten a las entidades del estado, (Incluidas alcaldías) a nivel nacional, dotarse de capacidades que permitan responder a las demandas digitales con el fin de ofrecer mejores servicios a los ciudadanos. De aquí a que actualmente se han realizado avances en la implementación de un modelo de organización llamado “Ciudades Inteligentes” que une la sostenibilidad ambiental y la tecnología con el fin de brindar una mejora de la calidad de vida de sus habitantes.

Una Ciudad Inteligente y sostenible es una ciudad innovadora que utiliza las tecnologías de la información y comunicación (TIC) para mejorar la toma de decisiones, la eficiencia de las operaciones, la eficacia en la prestación de servicios urbanos, al igual que permite satisfacer las necesidades de las generaciones actuales y futuras con respecto a los aspectos económicos, es por esto que, como se ha indicado anteriormente, se convierte en un reto la migración de una ciudad tradicional a una inteligente.

Uno de los retos más importantes en esta migración es la inversión inicial que se tendría que hacer en cada territorio para tener la infraestructura tecnológica necesaria para garantizarles a los ciudadanos la continuidad en sus servicios. Es por



ello que en este proyecto se propone una alternativa a corto y largo plazo que permitiría disminución de costos, accesibilidad, seguridad, disponibilidad y continuidad de una Ciudad Inteligente. Los servicios cloud, de donde se desprende un abanico de posibilidades tecnológicas que permiten tener respaldo de servicios y mayor mitigación de vulnerabilidades al estar contenidas en grandes superficies tecnológicas en diferentes lugares del planeta, es un servicio prestado por diversos proveedores para garantizar una mayor accesibilidad permitiendo en gran medida la intercomunicación entre entidades. Igualmente, cuenta con diferentes modelos de servicio, que permiten adquisición de infraestructura básica, para desarrollo o toda la infraestructura necesaria para la prestación de un servicio.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Teniendo en cuenta la definición de Ciudad Inteligente dada por el DNP, “Una Ciudad Inteligente es aquella que tiene una visión holística de sí misma y en la cual sus procesos se apoyan en el uso de las tecnologías y de la información, promoviendo la innovación y el desarrollo sostenible para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos” [1], migrar de una ciudad tradicional a una Ciudad Inteligente requiere de una gran visión, compromiso y liderazgo a largo plazo; además de que su implementación requiere una infraestructura técnica y tecnológica consolidada y funcional. En Colombia, en los últimos años se ha avanzado en la implementación de infraestructura y acceso de servicios de Internet a nivel nacional, sin embargo, aún no se cuenta con el 100% de acceso a servicios alrededor del país. Esto supone un gran reto para la implementación de una Ciudad Inteligente en zonas donde incluso hoy no cuentan con energía eléctrica estable. Entonces, ¿Qué alternativa técnica permite la migración a una Ciudad Inteligente garantizando la disponibilidad del servicio?

## 2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En el informe publicado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el 2017 “Las Perspectivas de la Población Mundial 2017”, se proyecta un aumento de población mundial aproximado a los 83 millones de personas por año; en Colombia específicamente se espera que el aumento sea de 206.409 personas por año, es decir que para el año 2045 el aumento de población sería de 6.605.067, para un total de 54.833.764 personas en territorio Colombiano [2]. Sin embargo, la reciente migración de ciudadanos venezolanos puede aumentar considerablemente estas cifras. Según el sociólogo y experto en migración venezolana en conjunto con el Laboratorio Internacional de Migraciones (LIM) en los últimos 20 años han llegado alrededor de 900.000 venezolanos a las ciudades colombianas [3].

Adicionalmente, según el estudio de la ONU “World Urbanization Prospects” señala que, más de la mitad del planeta (54,6% - 3.600 millones de personas) vive en ciudades. Además, para el 2050 el 70% de la población mundial (más de 6.000 millones) vivirá en ciudades: 64.1% de las personas en los países en desarrollo y 85,9% de los habitantes en los países desarrollados [4]. Igualmente, en el estudio realizado en el 2015 “Built Landscapes of Metropolitan Regions” por el profesor de la universidad de California Stephen Wheeler, en ciudades como Bogotá, México, París, Nueva Delhi, India, Lagos en África entre otros, se evidencia que la mayoría de la población se concentra en las ciudades, pues allí se agrupa la mayoría de oportunidades laborales. En este informe se destaca que en Bogotá con 24.643 personas por kilómetro cuadrado, es la región de mayor densidad entre todas las del estudio [5].

Uno de los grandes retos para Colombia es la planificación, administración y gobernanza de las ciudades en forma sostenible, maximizando las oportunidades económicas y minimizando los daños medioambientales, con el fin de desarrollar mecanismos dinámicos que tomen en cuenta la inclusión de procesos de

participación ciudadana. En este sentido, migrar de una ciudad tradicional a una “Smart City” o Ciudad Inteligente es una oportunidad para el gobierno de mejorar las condiciones de sus ciudadanos.

Es importante tener en cuenta, que las Ciudades Inteligentes usan conectividad, sensores distribuidos en el ambiente y sistemas computarizados de gestión inteligente para solucionar problemas inmediatos, organizar escenarios urbanos complejos y crear respuestas innovadoras para atender las necesidades de sus ciudadanos. Con el fin de garantizar esa gestión eficiente y sostenible, las tecnologías de las Smart Cities integran y analizan una cantidad inmensa de datos generados y capturados en diferentes fuentes que anticipan, mitigan e inclusive previenen situaciones de crisis. Estos mecanismos permiten ofrecer de manera proactiva mejores servicios, alertas e información a los ciudadanos.

Con el surgimiento de la tecnología digital, el internet, las tecnologías móviles y del internet de las cosas “IoT” (por sus siglas en inglés, Internet of Things), esta transformación es cada vez más viable. Asimismo, una Smart City resulta atractiva para los ciudadanos, empresarios y trabajadores, pues genera un espacio más seguro, con mejores servicios y con un ambiente de innovación que incentiva soluciones creativas y genera empleo. De esta manera las Ciudades Inteligentes no solo producen bienestar económico y social sino también promueve el uso sostenible de los recursos con el objetivo de elevar la calidad de vida a largo plazo y por qué no, reducir la corrupción en las ciudades del país.

Es por esto que los servicios cloud toman una gran importancia, pues con estos se ofrece un método sencillo de obtener acceso a servidores, almacenamiento, bases de datos y una amplia gama de servicios de aplicaciones a través de Internet. Una plataforma de servicios en la nube, es propietaria y responsable del mantenimiento del hardware conectado en red, necesario para dichos servicios de aplicaciones [6].

### **3. HIPOTESIS**

Los servicios cloud son a futuro la base primordial para el desarrollo de las Ciudades Inteligentes, permitiendo la reducción en los altos costos de implementación o renovación tecnológica y garantizando la disponibilidad de los servicios prestados a los ciudadanos.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Proponer el uso de los servicios cloud como estrategia tecnológica para la migración de ciudades tradicionales a Ciudades Inteligentes, mediante la metodología de investigación orientada a toma de decisiones.

### **4.2. OBJETIVOS ESPÉCIFICOS**

Con el fin de verificar los diferentes factores que se deben tener en cuenta para la toma de decisiones en las alcaldías y gobiernos locales, para dar el paso a la migración a Ciudades Inteligentes, en este proyecto se establecen diferentes puntos a analizar para el proceso de migración:

- Analizar los diferentes retos urbanos a los que se enfrentan las ciudades actualmente.
- Analizar el estado actual de la Arquitectura de una Smart City en términos generales frente al avance tecnológico
- Analizar los servicios cloud, sus ventajas, costos, visión a los desarrollos futuros y sus posibles desventajas.
- Proporcionar recomendaciones que permitan a las ciudades la migración a Ciudades Inteligentes.

## 5. MARCO TEORICO

### 5.1. ESTADO DEL ARTE

Según el estudio realizado por Nokia “Smart City Playbook” [7], Bogotá es una de las ciudades que está avanzando a pasos agigantados en su camino hacia el desarrollo como una Smart City, la razón por la cual el estudio apunta a este avance es por el sistema de transporte Transmilenio, que ahora hace parte de Sistema Integrado de Transporte Público, con una implementación de más de 400 Km de vías, 137 km con 137 estaciones y 12 líneas de transporte alternativo. Con conexiones con barrios atendidos con autobuses pequeños divididos en las categorías de urbanas, especiales, complementarias, troncales y alimentadores [8]. Sin embargo, la realidad es otra, las constantes protestas por su mal servicio, la falta de cultura, los robos constantes y los vendedores ambulantes, han convertido al sistema en un dolor de cabeza para la ciudad, convirtiéndose en un sistema obsoleto y limitado.

Son varios los factores que han llevado al sistema de transporte indicado a una crisis; según un artículo realizado por Caracol Radio [9], se muestra que, aunque el sistema de transporte ha tenido inyección de capital, no parece mejorar, pues uno de sus principales problemas es la cantidad de colados en el sistema de transporte, y esto, a pesar de las múltiples campañas no parece mejorar. Otro de los problemas que afecta el sistema, es su actual obsolescencia de articulados, que recientemente por medio de una licitación se adjudicó la renovación y operación de los buses de las fases 1 y 2 del sistema de transporte [10].

Sin embargo, el sistema de transporte no es en lo único que se debe mejorar, a continuación, se amplía como está Bogotá en cinco diferentes áreas que hacen parte importante para determinar si es o no una Smart City:

- **Movilidad:** Bogotá cuenta con el CGT (Centro de Gestión de Tráfico), una plataforma de movimientos viales de la ciudad que integra datos tomados de cámaras, semáforos y ciclorutas; con sistema de semaforización inteligente y comparendos electrónicos. Igualmente, la ciudad cuenta con sensores de conteo de vehículos que permite su clasificación por tamaño y velocidad [11]; sin embargo, estos sensores son Wifi-Bluetooth, y según información publicada en la página oficial de movilidad de Bogotá [12] solo se encuentran instalados 350 sensores, para toda la ciudad, es decir, que aproximadamente cada  $5,07 \text{ Km}^2$ , está instalado un sensor.
- **Calidad de Vida:** Bogotá cuenta con un Plan Distrital de Ciencia, tecnología e innovación para la salud 2012 – 2022, el cual se enfoca en el intercambio de uso de conocimiento al servicio de la equidad de la salud. También cuenta con el Centro de Comando, Control, Comunicaciones y Computo – C4, que es el encargado de la atención de emergencias que integra miles de cámaras para el monitoreo de la ciudad [11].
- **Ambiente:** Bogotá, cuenta con el RMCAB (Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá) conformada con 13 estaciones fijas de monitoreo y una estación móvil, equipadas con equipos que permiten realizar monitoreo continuo de las concentraciones de material particulado (PM10, PST, PM25), de gases contaminantes (SO2, NO2, CO, O3) y las variables meteorológicas de precipitación, velocidad y dirección del viento, temperatura, radiación solar, humedad relativa y presión barométrica [11].
- **Gobierno:** Bogotá cuenta con una infraestructura de Datos Especiales para el Distrito Capital (IDECA), que permite concentrar la información geoespacial en una plataforma basada en nube; la creación de zonas wifi públicas y creación de aplicaciones móviles que faciliten el acceso



a diferentes servicios de la ciudad. También cuenta con una plataforma llamada “Bogotá Abierta” que busca la participación de los ciudadanos para encontrar soluciones a los diferentes retos de la ciudad [11].

- **Economía:** El crecimiento de las TIC ha presentado mucha influencia con la economía del país, que actualmente, cuenta con diferentes plataformas interactivas online especializada en educación financiera o de pagos por internet [11]. Sin embargo, no todas las entidades e instituciones del estado están apegadas a este tipo de servicios, y aun se evidencian filas para realizar consultas, reclamaciones y solicitudes en diferentes entidades de la ciudad.

## 5.2. MARCO CONCEPTUAL

En este capítulo, se amplía el conocimiento sobre determinados conceptos que hacen parte esencial de una Smart City:

- **Ambiente:** Usar la tecnología para fomentar un crecimiento sostenible es esencial. Esto significa utilizar la tecnología para fomentar elecciones inteligentes para maximizar el uso eficiente de los recursos y fomentar la toma de decisiones acertadas por parte de todos [13].
- **Calidad de vida:** Una Ciudad Inteligente puede crear un entorno que promueva lo mejor de la vida urbana y minimice las molestias de la vida de la ciudad. Las Ciudades Inteligentes, en última instancia, son excelentes lugares para vivir [13].
- **Competitividad económica:** Una Ciudad Inteligente pretende ser amigable para los negocios, asegurando suficientes empleos e ingresos fiscales para formar una economía saludable [13].
- **Sostenibilidad:** las Ciudades Inteligentes ayudan a garantizar que se promueva el crecimiento económico y la calidad de vida no solo a corto plazo, sino también para las generaciones futuras, el consumo sostenible de los recursos naturales son elementos esenciales de la visión general de la Ciudad Inteligente [13].
- **Internet of Things:** Internet de las Cosas es una red de objetos físicos – vehículos, máquinas, electrodomésticos y más– que utiliza sensores y API para conectarse e intercambiar datos por internet [14].
- **cloud Computing:** Servicios prestados a través de internet, proporcionando flexibilidad en relación a sus datos e información, permitiendo acceder a ellos desde cualquier lugar.
- **Amazon Web Services:** Proveedor de servicios cloud, permite que sus usuarios creen una Imagen de Máquina Virtual de Amazon (AMI), esto es,

una máquina virtual con el sistema operativo Windows o Linux, en la que el usuario instala sus aplicaciones, librerías y datos que necesite.

- **Amazon Elastic Compute cloud (EC2):** Servicio web que proporciona capacidad informática con tamaño modificable. Está diseñado para el uso de la informática en la nube a escala web para los desarrolladores. Permite obtener y configurar capacidad con una fricción mínima. Igualmente, proporciona control completo sobre los recursos informáticos, escalar rápidamente la capacidad en función de las necesidades [15].
- **Amazon Simple Storage Service (S3):** Es un servicio de almacenamiento de objetos creado para almacenar y recuperar cualquier volumen de datos desde cualquier ubicación: sitios web y aplicaciones móviles, aplicaciones corporativas y datos de sensores o dispositivos IoT. Está diseñado para ofrecer una durabilidad del 99,999999999% y almacena datos de millones de aplicaciones [16].
- **Microsoft Windows Azure:** La plataforma Azure de Microsoft ofrece la creación de aplicaciones web basados en sus sistemas y sus despliegues, lo que lo hace tener ciertas limitaciones de consumo. Permite el pago por incremento de recursos utilizados [17].

## 6. CLOUD, BASE DE UNA SMART CITY

### 6.1. RETOS URBANOS

Un estudio realizado por la Organización de las Naciones Unidas señala que, más de la mitad de la población del planeta (54,6% o 3.600 millones de personas) vive en ciudades. Adicionalmente, se estima que para el 2050 el 70% de la población mundial (más de 6.000 millones de personas) vivirá en ciudades, para los países en desarrollo será del 64,1%. Esta concentración de población también se genera por la aglomeración de compañías que se establecen en las ciudades, ya que les permite mayor alcance en cuanto a negocio se refiere. Actualmente en Colombia, esta tendencia de urbanización se relaciona con mayores niveles de riqueza, igualmente se encuentra que a mayor nivel de urbanización mayor es el ingreso y menor es el IPM (Índice de Pobreza Municipal) como se refleja en la Figura 1, siendo Choco y Cauca las ciudades con menor tasa de urbanización.



Figura 1 Tasa de Urbanización vs IPM [1]

Se estima que en Colombia se siga con una dinámica de rápida urbanización y que esta se mantenga por las próximas tres décadas, según datos del DNP (Departamento Nacional de Planeación), para el 2050 se contará con más de 61 millones de colombianos y de ellos aproximadamente 52 millones de personas estarán en zonas urbanas, tal como se refleja en la Figura 2.

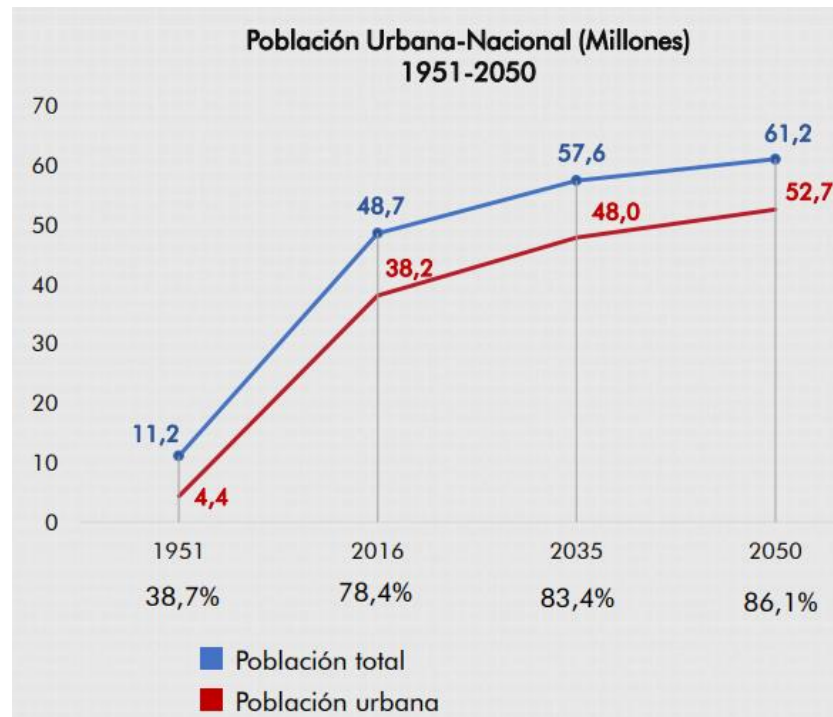


Figura 2 Dinámica de crecimiento urbano [1]

Esta concentración de población genera grandes consumos de servicios públicos (transporte, agua, energía y gas), igualmente, concentra un alto grado de emisiones contaminantes que podrían llegar a afectar la salud de sus habitantes. Es por esto que para aprovechar los beneficios de la urbanización y minimizar los costos sociales se deben tratar importantes retos en los campos de:

- **Productividad:** donde el 44% del valor agregado sin actividades extractivas (mineras) se genera en tres aglomeraciones (Bogotá, Medellín y Bucaramanga) [1];
- **Conectividad:** donde el 5% de los municipios actualmente no cuenta con acceso por vía terrestre y para el 33% de los municipios la distancia media entre un municipio y el núcleo o ciudad uninodal es de dos horas por carretera. Aunque existen municipios a los cuales se puede acceder solamente por medios marítimos [1];
- **Seguridad:** en donde, para el 84% de los municipios se presenta una tasa de homicidio por encima de la media de los países (OCDE 4 por cada 100 mil habitantes), 27 por cada 100 mil habitantes, e históricamente se ha llegado a la más alta para un territorio considerado como “gran ciudad” de 75 por cada 100 mil habitantes registrada en la ciudad de Cali (Valle del Cauca), y superando esta tasa, está Tumaco (Nariño) en donde se ha registrado una tasa de homicidios de 105 por cada 100 mil habitantes, adicionalmente, se registró que en el 7% de los municipios del país en el periodo de 2011 a 2015 no se presentaron homicidios [1];
- **Tecnología:** actualmente, en cuestiones de acceso a internet se cuenta con índice de penetración de 61,4% de banda ancha en Colombia con una velocidad promedio de 7Mbps (en descarga) [18];
- **Sostenibilidad:** en donde el 68% de la población urbana del país se ubica en áreas de presión alta o muy alta sobre el nivel del mar; el 11% de los municipios no cuenta con ecosistemas estratégicos o áreas protegidas; y en cuestión de manejo de residuos sólidos, el 19% de los municipios presenta una disposición inadecuada, para el 41% se cuenta con una disposición adecuada, pero su vida útil es menor a 3 años, el 1,3% utiliza cuerpos de agua como sitio de disposición final y 4 de las ciudades capitales presenta disposición inadecuada a residuos sólidos [1];
- **Asociatividad:** para el 28% de los municipios de Colombia, no se cuenta con prestación de servicios regionales; solo el 14% cuenta con sistemas

de transporte público integrado y colectivo, y el 46% del sistema de ciudades cuenta con servicios regionales de acueducto y alcantarillado [1];

- **Equidad e inclusión total:** según cifras del DANE en el 2017 26,9% de los colombianos estaba en condición de pobreza monetaria, lo cual representa una disminución de 1,1 puntos porcentuales con respecto al año 2016; destacando que la ciudad con mayor incidencia de pobreza monetaria en el 2017 fue Quibdó con 47,9%, igualmente, el porcentaje de personas en condiciones de pobreza extrema en toda Colombia fue de 7,4% para el 2017 [19].

La propuesta de este proyecto es presentar una alternativa que permita abordar de manera eficiente la implementación una Smart City en Colombia, así, como identificar los elementos necesarios de su composición, tales como la arquitectura, las diferentes tecnologías y procesos y la sostenibilidad.

Las Ciudades Inteligentes parten de la perspectiva de que la tecnología es el componente más importante para su desarrollo y puesta en marcha, sin embargo, es importante tener en cuenta que está solo hace parte de un gran número de factores a considerar. Las transformaciones de las Ciudades Inteligentes buscan mejorar la eficiencia y la gestión de recursos por medio de procesos más participativos, por lo tanto, para que una ciudad sea considerada inteligente debe incorporar aspectos relacionados con el mejoramiento de su manera de gobernar, planificación e infraestructura reflejándose en su capital humano y social fomentando el desarrollo sostenible e integrado que mejore la calidad de vida de sus ciudadanos.

Una Ciudad Inteligente es aquella que coloca a las personas en el centro del desarrollo, incorpora Tecnologías de la Información y Comunicación en la gestión urbana y usa estos elementos como herramientas para estimular la formación de un gobierno eficiente que incluya procesos de planificación colaborativa y

participación ciudadana. Al promover un desarrollo integrado y sostenible, las Ciudades Inteligentes se tornan más innovadoras, competitivas, atractivas y resilientes, mejorando así vidas.

Es aquí donde se resume que planificar, administrar y gobernar ciudades de forma sostenible, maximizando las oportunidades económicas y minimizando los daños medioambientales son retos que prácticamente todos los países enfrentaran este siglo.

Como lo menciona el Director Ejecutivo de TM Forum, “***una Smart City es un lugar donde la tecnología cobra vida***” [8]. Es por esto, que una Ciudad Inteligente sirve para conectar a los ciudadanos y empresas con la ciudad y entre sí, eliminando vacíos de información y permitiendo una distribución inteligente de recursos.

Las Ciudades Inteligentes no deben ser vistas como proyectos para un futuro lejano, pues ya están vinculadas a las ciudades, tanto en sectores públicos y privados, que utilizan tecnologías como redes de conectividad de banda ancha a altas velocidades fijas y móviles, recolección de datos mediante sensores inteligentes, programas para análisis de datos, aplicaciones móviles, medios sociales y portales web, entre otras herramientas. También a este conjunto de factores se le une el fenómeno de internet móvil, con la adopción masiva de los celulares inteligentes y conexiones de banda ancha móvil, que permite a los ciudadanos llevar la gestión participativa a un nuevo nivel.

En Colombia, en tema de infraestructura tecnológica, aún se presentan diferentes cuestiones de inversión, según el boletín trimestral de las TIC del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, en el primer trimestre de 2018 el índice de penetración de conexiones de banda ancha en Colombia es del 61%, de las cuales el 71,83% fueron conexiones móviles,



teniendo en cuenta esto, se desglosa su participación en la Figura 3, en donde se evidencia el aumento de penetración con respecto al año 2017 [18].

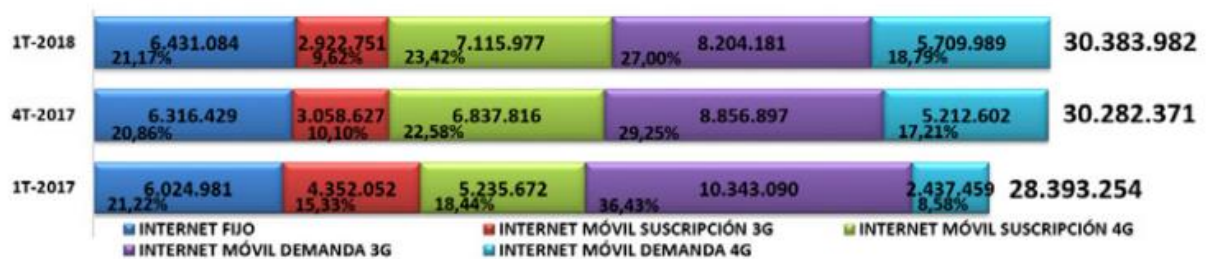


Figura 3 Conexiones de Internet de banda Ancha y Participación por tipo de acceso [18]

Según el mismo boletín, el mayor índice de penetración de internet fijo en el país lo lidera la ciudad de Bogotá con un 22,2% seguido por los departamentos de Antioquia y Risaralda con un 16,6% cada uno; como se muestra en la Figura 4 [18].

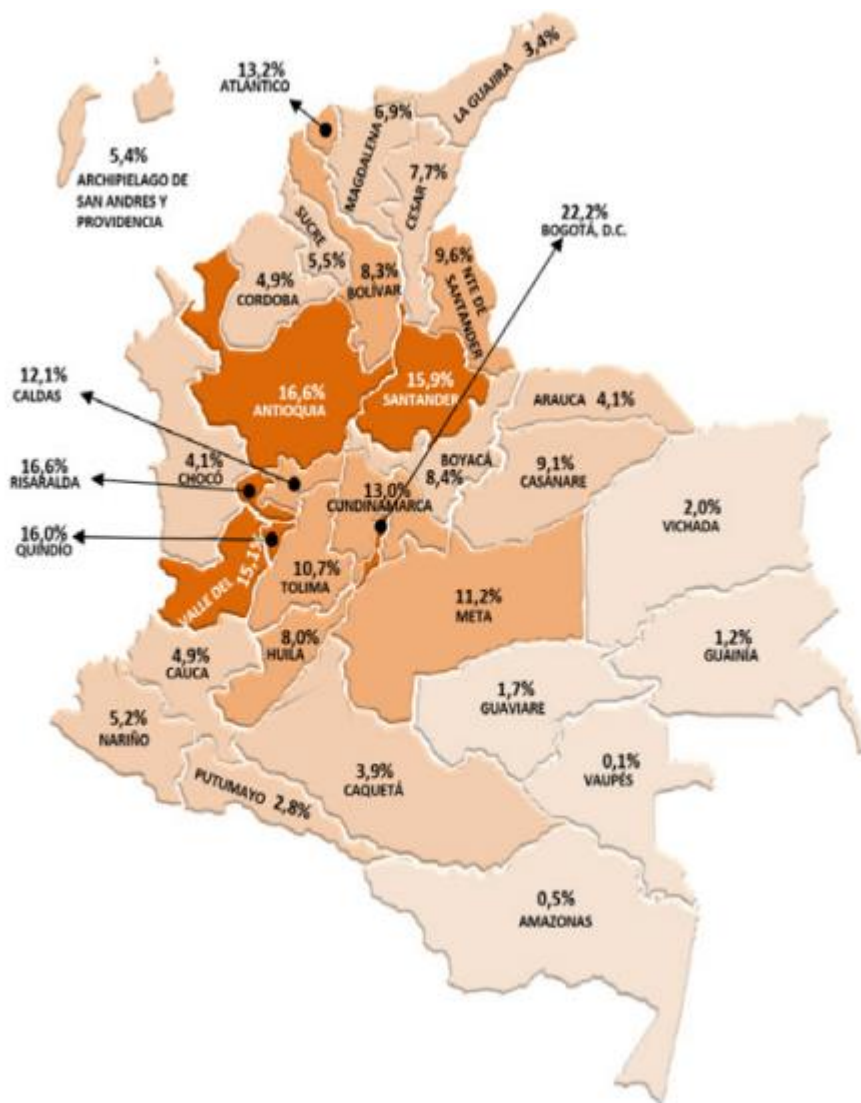


Figura 4 Índice de penetración Internet fijo por departamento [18]

En este contexto, se comprende que una Ciudad Inteligente usa toda la tecnología existente, desde conexiones banda ancha, computación en la nube, dispositivos inteligentes móviles, sensores e IOT. Estos recursos, recolectan información que luego será procesada para tomar decisiones y generar mayor calidad de vida y beneficios a los ciudadanos. Por lo tanto, es comprensible pensar que la dinámica de una Ciudad Inteligente va en doble vía.

Actualmente, existen ciudades que ya están avanzando en este proceso, como por ejemplo la ciudad de Rio de Janeiro en Brasil, en donde se destaca particularmente el uso de las aplicaciones para la interacción con los ciudadanos, por esto en 2014 la administración pública inicio un proyecto llamado “Carioca Digital” que da acceso a la una gran base de datos, en donde entre otras cosas, puede tener información de la localización de los autobuses por coordenadas GPS, y contar con un portal web que permite consultar la situación fiscal de los automóviles e inmuebles, multas de tránsito, boletines e índices de desempeño escolar de los estudiantes inscritos en escuelas municipales, además, el ciudadano puede consultar sus solicitudes, el curso de los pedidos y abrir nuevas solicitudes.

En síntesis, una Ciudad Inteligente como lo indica en la Figura 5:

- Genera integración, que a su vez suministra a la administración pública información necesaria y transparente para una mejor toma de decisiones y gestión presupuestaria;
- Permite prestar una mejor atención a los usuarios de servicios y mejora la imagen de los órganos públicos y, de esta manera, eleva el grado de satisfacción de los habitantes;
- Optimiza la asignación de recursos y ayuda a reducir gastos innecesarios;
- Genera procedimientos comunes que aumentan la eficiencia del gobierno;
- Produce indicadores de desempeño que son útiles para medir, comparar y mejorar las políticas públicas;
- Permite una mayor participación de la sociedad civil organizada y de los ciudadanos en la administración por medio del uso de herramientas tecnológicas que ayudan a monitorear los servicios públicos, identificando problemas, informando e interactuando con la administración municipal para resolverlos.

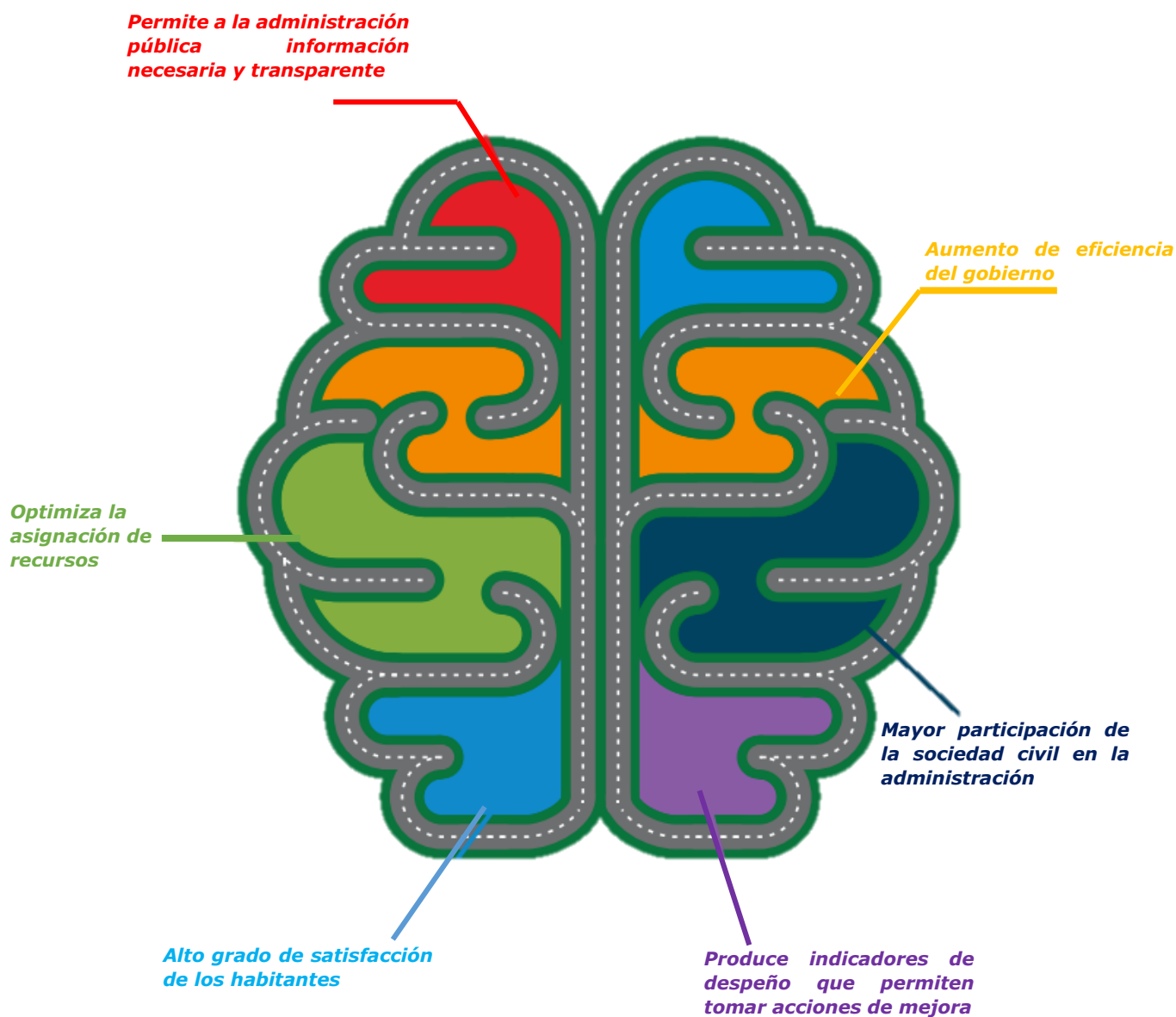


Figura 5 La Ruta a las Smart Cities – BID [8]

La tecnología es dinámica y está en constante evolución, y es claro que esto se debe tener en cuenta en la implementación de una Ciudad Inteligente, considerando que las demandas de los ciudadanos serán mayores, y en consecuencia serán más complejos, igualmente, con el avance de la tecnología a largo plazo se podrán aumentar la oferta de servicios ofrecidos.

En concordancia con lo indicado anteriormente, el Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, ha emitido el decreto 1008 de 2018 “Por

*el cual se establecen los lineamientos generales de la Política de Gobierno Digital” con el fin de ayudar a las entidades del estado en general (incluyendo alcaldías) a implementar una metodología que permita “promover el uso y aprovechamiento de las tecnologías de la información y las comunicaciones para consolidar un estado y ciudadanos competitivos, proactivos, e innovadores, que generen valor público en un entorno de confianza digital” donde busca:*

- Habilitar y mejorar la provisión de los servicios digitales de confianza y calidad; desarrollando soluciones que permitan a los ciudadanos contar con trámites y servicios del estado haciendo uso de las TIC.
- Lograr procesos internos seguros y eficientes a través del fortalecimiento de las capacidades de gestión de las tecnologías de la información.
- Tomar decisiones basadas en datos a partir del aumento del uso de la información.
- Empoderar a los ciudadanos a través de un Estado abierto.
- Impulsar el desarrollo de territorios y Ciudades Inteligentes para la solución de retos y problemáticas sociales a través del aprovechamiento de tecnologías de la información y las comunicaciones.

Para la implementación de la Política Digital, el MINTIC ha definido varios elementos que brindan orientaciones generales y específicas que deben ser acogidas por las entidades, estos elementos se describen en la Figura 6 [20]:

Los dos componentes **TIC para el Estado y TIC para la Sociedad** son líneas de acción que orientan el desarrollo y la implementación de la política



Los tres habilitadores transversales **Arquitectura Seguridad y privacidad y Servicios Ciudadanos Digitales**, son elementos de base que permiten el desarrollo de los componentes de la política

**Figura 6 Elementos de Política Digital [20]**

Este decreto permite de alguna manera que las entidades del estado entiendan los componentes básicos de las soluciones tecnológicas y sus posibilidades; lo cual es un paso importante para iniciar el proyecto hacia la migración a Ciudad Inteligente.

## 6.2. ARQUITECTURA DE UNA SMART CITY

Una de las partes más importantes a tener en cuenta en la migración a una Ciudad Inteligente es la arquitectura que la compone; es por esto que se debe tener en consideración, como parte de la planificación, las Tecnologías de Información y las Comunicación (TIC), que, con sus avances constantes permiten a las personas tener mayor acceso a dispositivos móviles y teléfonos inteligentes dándoles una mayor interacción con los entes administrativos y sistemas que requieran. Por lo tanto, el proceso de migración debe contar con qué estas tecnologías sean modulares y expansivas, con estándares abiertos de amplia adopción, que puedan ser combinadas con plataformas colaborativas y que puedan ser consultadas por la población con aplicaciones de fácil acceso y uso.

El Departamento Nacional de Planeación (DNP) en la política de ciudad y territorio inteligente, la Arquitectura de Ciudad Inteligente está totalmente ligada a un modelo de implementación y propone el diagrama indicado en la Figura 7 como referencia para una arquitectura de Ciudad Inteligente, creando un estándar sobre la cual construir una base de colaboración y herramientas para apoyar la gobernanza, la evaluación y transformación efectiva de la ciudad. En este describe tres dominios clave, permitiendo trazar un mapa de interacciones entre los sistemas de la ciudad [21].

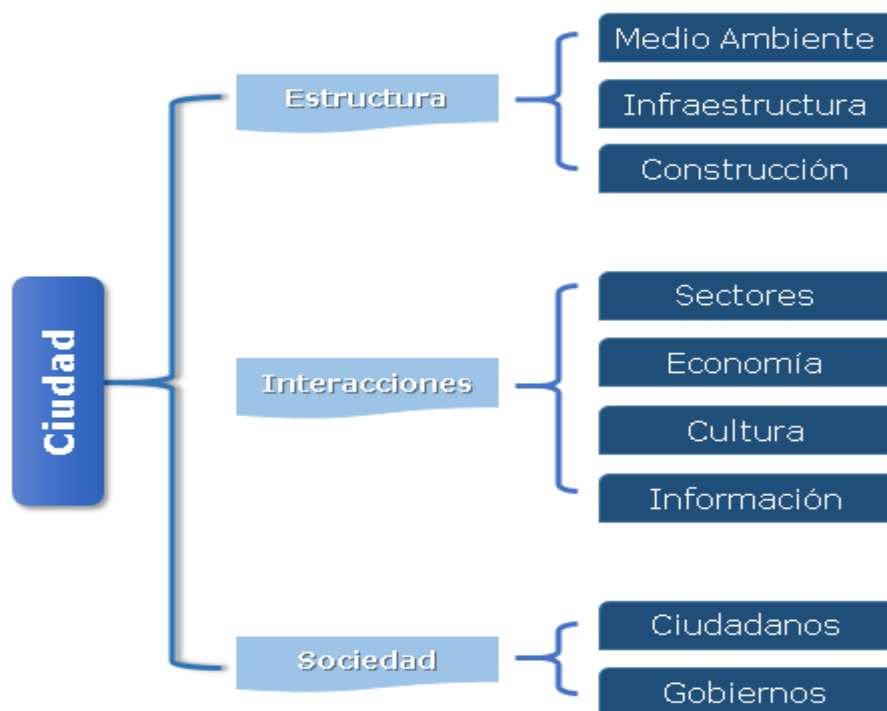


Figura 7 Arquitectura Ciudad Inteligente [21]

Como se indica en la Figura 7, la **Estructura** es el primer dominio dentro de una arquitectura de Ciudad Inteligente, y habla de tres capas dentro de ellas, dentro de la primera se encuentra el entorno tanto físico y geográfico de la ciudad, incluido el *medio ambiente* y los elementos básicos, aire, tierra y agua que interactúan dinámicamente; la segunda capa *Infraestructura*, comprende las estructuras conectadas que permiten a las personas obtener recursos,

especialmente del medio ambiente para llevarlos a la ciudad o que permiten flujos dentro de ella. Estas infraestructuras incluyen aquellas que soportan las comunicaciones, los ciclos del agua y la energía, el ciclo de la materia que soporta el movimiento de bienes y alimentos, así como los residuos resultantes, las redes de movilidad y la infraestructura natural. La tercera capa de este dominio es *Construcción*, que se puede denotar específicamente en cuanto al número de personas que es capaz de alojar físicamente una ciudad.

En el segundo dominio se encuentran las ***interacciones*** y en la primera capa *Sectores* comprende funciones urbanas que incluyen vida, trabajo, educación, compras, transporte, cuidado de la salud, educación, artes escénicas y más; en la segunda capa se encuentra la *economía*, que influye en la innovación urbana y el funcionamiento cotidiano de la ciudad y los ciclos de vida de los servicios prestados por las ciudades. La tercera capa es la *cultura*: el idioma, las tradiciones, las creencias, los valores y la forma en que las personas organizan sus conceptos del mundo, etc., es decir, los activos no materiales en la arquitectura de la ciudad. La última capa es la *información* que incluye el sistema de operación de la ciudad; Indicadores e índices de rendimiento; Herramientas y aplicaciones; Ontología de la ciudad; y un portal de información para datos abiertos y protocolos específicos de aprendizaje y recursos relacionados

El dominio de la **Sociedad** comprende las entidades vivientes de la arquitectura y ecosistema de la ciudad. La primera capa es *Ciudadanos*, que se puede dividir en: persona (yo), familia, visitantes, organizaciones y empresas. La segunda capa es el gobierno de la ciudad, cuyo líder es (normalmente) el alcalde [22].

Independientemente de la aplicación, una Ciudad Inteligente involucra procesos, tecnologías y personas; es por esto que se deben tener en cuenta las siguientes variables tecnológicas:



1. **Interfaces de comunicación (Servicios, portales web, aplicaciones móviles):** Es importante asegurar que todos los elementos humanos de una Ciudad Inteligente tengan acceso a los servicios digitales dentro del centro urbano, trabajando con plataformas abiertas y disponibles para toda la población. Igualmente, es importante agregar sistemas informáticos basados en una plataforma web para obtener información de los diferentes servicios y canales que permitan la participación del ciudadano.

El uso de plataformas cloud (nube) combinadas con el uso creciente de dispositivos móviles permite integrar de manera participativa a los ciudadanos en las diferentes áreas de la administración pública.

2. **Centros integrados de operación y control (CIOC):** Reúne en un mismo sitio la estructura tecnológica (Hardware, software y monitoreo), la infraestructura física (salas de operación, gestión de crisis, etc.), la infraestructura de procesos y el personal y representantes de varios organismos públicos y proveedores de servicios, centrado en un enfoque colaborativo e integrado de los temas que serán tratados en lo que debe ser el cerebro de la Ciudad Inteligente.

El CIOC está conectado a la ciudad en tiempo real por medio de internet y de diferentes redes de comunicación con miles de sensores y dispositivos digitales generadores de información. Está equipado con computadoras y programas de procesamiento de grandes cantidades de datos y sistemas de análisis que permiten que los operadores den seguimiento al movimiento de la ciudad, puedan tomar decisiones que permitan actuar en situaciones de emergencia como inundaciones, accidentes o situaciones graves de seguridad [8].

**3. Sensores y dispositivos conectados:** Para hacer una ciudad eficiente, es necesario contar con la capacidad de obtener datos generados de diferentes puntos con el fin de transformarlos en información que permita toma de decisiones que ayuden con la mitigación, organización, planificación y prevención de diferentes aspectos urbanos. La mejor manera de captar estos datos, es con la instalación de sensores y cámaras de video en la infraestructura física de la ciudad, conectándolos entre sí en una red de comunicación de datos. Igualmente, este tipo de instalación facilita en gran medida la implementación de tecnología IoT (Internet of Things). Las redes de sensores pueden ser diseñadas para tener múltiples finalidades, por ejemplo, la gestión del tránsito a partir de cámaras instaladas en cruces y rutas de gran movimiento, al igual que sensores de movimiento instalados en las calles y en los vehículos de transporte urbano, que permiten identificar necesidades en las calles y dando soluciones en tiempos cortos que permiten agilizar el tráfico de las ciudades. En una Smart City, todo puede estar conectado con todo, como se pretende mostrar en la Figura 8.



Figura 8 Sensores en Smart City [23]

***Panel de uso y ejemplos de uso de los sensores:***

- ***Seguridad:***
  - Monitoreo del ambiente por cámaras
  - Sensores de movimiento y ruido para el control de perímetro
  - Cámaras de cuerpo integradas al uniforme de los agentes
  - GPS para mapeo geográfico de incidentes y localización de vehículos.
  - Sensores de apertura de puertas y ventanas asociados a sistemas de alarma

- **Transportes:**

- Sensores de movimiento en calles y carreteras
- Control inteligente de semáforos
- Monitoreo de rutas por cámaras
- Sistemas de señalización digital dinámicas en calles y carreteras
- Peaje automático
- GPS para el monitoreo y localización de flotas
- Control de lugares de estacionamiento

- **Salud:**

- GPS y sistema de optimización de trayectos de ambulancias.
- Pulseras de monitoreo para adultos mayores
- Sensores de ruido en el ambiente y monitoreo de caídas
- Sensores de temperatura para refrigeradores con productos médicos y vacunas
- Sensores de humo, gases tóxicos y rayos ultravioletas integrados a sistemas de alerta.

- **Utilidades:**

- Sensores para adaptación automática de iluminación urbana
- Red eléctrica inteligente
- Monitoreo individual de consumo de energía
- Monitores de presión de agua en las tuberías para control de fugas
- Monitoreo de consumo de agua doméstica
- Monitoreo de nivel de agua en los embalses

- ***Infraestructura Urbana:***

- Sensores de seguridad y movimiento para los edificios
- Sistema remoto para desconectar equipos eléctricos e iluminación ambiental
- Sensores de temperatura, humo y humedad para bibliotecas, museos y otros ambientes sensibles
- Sensores de volumen de residuos para contenedores de basura.

- ***Ambiente:***

- Medidores de calidad de aire (Contaminación medioambiental y nivel CO<sub>2</sub>)
- Sensores de ruido contra contaminación sonora
- Control de nivel de agua de ríos
- Sensores sismográficos y para deslizamientos
- Control de calidad de agua potable
- Control de nivel del mar y calidad del agua

Los teléfonos inteligentes actuales permiten conexiones ágiles, ya que estos dispositivos cuentan con cámaras de alta resolución, y sensores sofisticados que incluyen GPS, Wi-Fi, NFC (Near Field Communication), Bluetooth, brújula, micrófono, giroscopio, sensor de iluminación, acelerómetro, barómetro, termómetro, magnetómetro e higrómetro. Por esto un ciudadano con un teléfono inteligente es el mejor sensor urbano en tiempo real. Un excelente ejemplo de esto es la aplicación Waze que permite que cada usuario encuentre la mejor ruta en el tránsito, porque al usar la aplicación está suministrando su ubicación geográfica, su velocidad, y su trayecto al mismo tiempo que recibe información de otros usuarios [8].

**4. Infraestructura de Conectividad:** La Smart City debe garantizar el desarrollo de redes de banda ancha que puedan soportar aplicaciones digitales y garantizar que dicha conectividad esté presente para toda la ciudad y todos los ciudadanos; esta puede ser de una combinación de varias tecnologías de red de datos que utilicen transmisión vía cables, fibra óptica y redes inalámbricas (Wi-Fi, 3G, 4G, 5G o radio). Igualmente, está debe tener una proyección de capacidad que permita su disponibilidad a los ciudadanos.

### 6.3. SMART CITIES ACTUALES:

En la actualidad, muchas ciudades ya cuentan con un modelo de Ciudad Inteligente, según la última edición del informe anual IESE Cities in Motion 2018 (CIMI) [24], en donde se utilizan criterios como: ataques terroristas y niveles de cumplimiento de la norma ISO 37120:2014, una serie de indicadores para medir el avance de una Smart City y dimensiones como capital humano, cohesión social, economía, gestión pública, gobernanza, medio ambiente, movilidad y transporte, planificación urbana, alcance internacional y tecnología, garantizan mostrar una visión amplia e integradora de lo que representa una Ciudad Inteligente.

En el ranking realizado por el CIMI, se analizaron los avances de 165 ciudades a nivel mundial, de las cuales 74 de ellas representan a 80 países. En este informe, después de analizar todos los indicadores anteriormente mencionados, concluye que New York es el líder mundial en desarrollo de Ciudad Inteligente, gracias a su desempeño en temas de economía, planificación urbana, divulgación internacional, capital humano, movilidad y transporte. Pero en cuestiones de cohesión social y en medio ambiente, aun se debe trabajar. En la Tabla 1, se muestra el ranking de las ciudades según la clasificación definida por

el CIMI, junto con el valor del índice. Las ciudades con un alto rendimiento (A) se consideran con un índice superior a 90; relativamente alto (RA), entre 60 y 90; promedio (M), entre 45 y 60; y bajo (B), por debajo de 45 [24].

RANKING	CITY	PERFORMANCE	CIMI
1	New York - United States	A	100.00
2	London-United Kingdom	A	99.27
3	Paris-France	A	90.20
4	Tokyo -Japón	RA	84.38
5	Reykjavik-Iceland	RA	83.26
6	Singapore-Singapore	RA	79.52
7	Seoul-South Korea	RA	79.21
8	Toronto-Canadá	RA	78.16
9	Hong Kong - China	RA	77.48
10	Amsterdam-The Netherlands	RA	77.44
25	Madrid-España	RA	67.76
76	Buenos Aires- Argentina	M	54.68
86	Santiago-Chile	M	51.45
94	Panamá City-Panamá	M	49.77
100	Montevideo-Uruguay	M	48.25
116	Sao Pablo-Brasil	B	44.63
117	Bogotá-Colombia	B	44.10
129	Medellín-Colombia	B	39.53
131	Lima-Perú	B	38.68
137	Cali-Colombia	B	36.08
138	Brasilia-Brasil	B	36.05
140	Quito-Ecuador	B	35.57
152	La Paz-Bolivia	B	30.08
162	Caracas-Venezuela	B	21.38

Tabla 1 Ranking CIMI [24]

Dentro de este informe, tres ciudades de Colombia se encuentran relacionadas (Bogotá, Medellín y Cali). En la Tabla 2 se describe la posición que ocupan cada una dentro de cada dimensión evaluada; Hong Kong – China, número 9 en rango general, es de las ciudades más innovadores en cuestión Tecnológica, casi el

100% de su población tiene teléfonos móviles y una gran cantidad de puntos de acceso inalámbrico. También destaca por el número de usuarios de redes sociales y el número de teléfonos móviles per cápita.

City	Economy	Human Capital	Social Cohesion	Environment	Governance	Urban Planning	International Outreach	Technology	Mobility and Transportation	Cities in Motion
Hong Kong (China)	19	12	147	21	16	10	16	1	87	9
Bogotá (Colombia)	124	90	143	62	48	136	68	103	151	117
Medellín (Colombia)	132	128	124	71	116	126	113	153	121	129
Cali (Colombia)	139	135	99	80	122	133	153	160	148	137

Tabla 2 Ranking por Dimensión [24]

Es aquí donde se evidencia que las ciudades de Colombia aún tienen mucho que avanzar en cuestiones de Tecnología, pues hace falta mayor inversión y esfuerzo para garantizar que sus habitantes tengan acceso a diferentes herramientas que puedan ayudarles en sus actividades diarias.

El camino que han recorrido las ciudades situadas en los primeros 10 puestos de este Ranking no ha sido corto, pues a lo largo de los años han continuado el proceso de desarrollo que se requiere para atender las necesidades emergentes en cada una de ellas. A continuación, se describen cinco ejemplos de cómo las ciudades han utilizado diferentes herramientas apoyadas en cloud, para solventarlas:

1. **New York – Estados Unidos:** [Figura 9 New York ] actualmente, cuenta con un Centro para la Ciencia Urbana y Progreso (Center for Urban Science + Progress – CUSP), creado en el 2012 con una alianza público-



privada entre la Universidad de New York, la ciudad de New York y un consorcio de empresas de tecnología. El CUPS, apoyado en infraestructura cloud, recibe imágenes generadas por cámaras instaladas en rutas importantes de diferentes distritos en tiempo real, ofreciendo información del tráfico en las calles [8].



Figura 9 New York [25]

2. **Londres – Reino Unido:** [Figura 10] en el año 2011 la capital del Reino Unido inició un proyecto que finaliza en 2021, el cual está enfocado a hacer una mejora integral de la red de transporte público, dentro de los avances obtenidos, se han logrado instalar infinidad de sensores que captan información acerca de distintos aspectos de la ciudad y sus habitantes. Toda esa información, se recoge, se guarda y se analiza en la plataforma London Datastore, la cual es apoyada con infraestructura cloud, donde distintos desarrolladores tecnológicos crean apps y otras herramientas que facilitan la vida de todos los habitantes de Londres [26].



**Figura 10 Londres - Reino Unido [27]**

- 3. Paris – Francia:** [Figura 11] el servicio que más representa a la ciudad es el alquiler de más de 20.000 bicicletas en toda la ciudad y 1.200 en sus alrededores, para esto, el usuario puede acceder a una aplicación web, que le permitirá conocer el estado y ubicación de las estaciones donde se encuentran las bicicletas. Igualmente, la ciudad cuenta con otra aplicación que permite alquilar un auto eléctrico disponible [28].



**Figura 11 Paris - Francia [29]**

- 4. Tokio – Japón:** [Figura 12] entre las muchas herramientas tecnológicas con las que cuenta, se encuentra el servicio de alertas tempranas para terremotos; Además, cuenta con varios programas que se dedican a impulsar la adopción de nuevas tecnologías en el ámbito profesional, un ejemplo de esto, es el Internet de las Cosas.



Figura 12 Tokio – Japón [30]

5. **Reykjavik-Iceland:** [Figura 13] esta ciudad cuenta con servicio de priorización de semáforos para vehículos de emergencia, como ambulancias y carros de bomberos, cuando uno de éstos se encuentra a unos cinco metros de distancia, envía una señal al centro de control, el cual cuenta con análisis de datos basado en infraestructura cloud, que activa el semáforo en verde para su paso y posteriormente volver a la normalidad [31].





**Figura 13 Reykjavik - Iceland [31]**

#### **6.4. PASOS HACIA UNA SMART CITY**

Muchas ciudades alrededor del mundo están llevando sus servicios a niveles tecnológicos sorprendentes, con el fin de mejorar la calidad de vida para los ciudadanos, es de ahí, que se extraen ciertos tips para que las ciudades de Colombia continúen o inicien su proceso hacia una Smart Cities;

- El primero de los pasos que se resaltan es el liderazgo de parte del Alcalde, dando su apoyo a la gestión municipal y las instituciones públicas y privadas que se relacionan y que se puedan relacionar con otras ciudades. En este, es importante, que, a pesar de cambio de Alcalde, se garantice la continuidad del proyecto.
- El segundo paso es contar con personal calificado y cualificado para dar desarrollo y seguimiento a las diferentes etapas de evolución de una Smart City.

- El tercer paso a tener en cuenta es la creación de mecanismos para que se pueda conocer la opinión de la población.
- Como cuarto paso es necesario realizar la identificación de la caracterización de la ciudad; conociendo las fortalezas y debilidades, su perfil sociológico y demográfico, y por su puesto las necesidades que se pueden atender y las oportunidades que se pueden explotar.
- El quinto paso, es realizar el análisis de que topología de Smart City se adecua más a las necesidades de la ciudad.
- El sexto paso, es identificar soluciones tecnológicas inteligentes para responder a las necesidades identificadas; es aquí donde cobra particular importancia el uso de tecnologías emergentes como IoT y servicios cloud.
- El séptimo paso hace referencia al financiamiento para puesta en marcha de las Smart City, pues es necesario que se cuente con un financiamiento constante para ejecutar las acciones planeadas. Como parte de este proceso se puede llevar a cabo asociaciones público – privadas.
- En el octavo paso, se procede con el Plan Macro para la implementación de una Smart City, desarrollando las soluciones para las necesidades identificadas.
- Con el fin de mejorar la tasa de éxito en la implementación, es recomendable realizar un proyecto piloto en donde se puede probar la resolución propuesta con el alcance, objetivos y responsabilidades definidas.

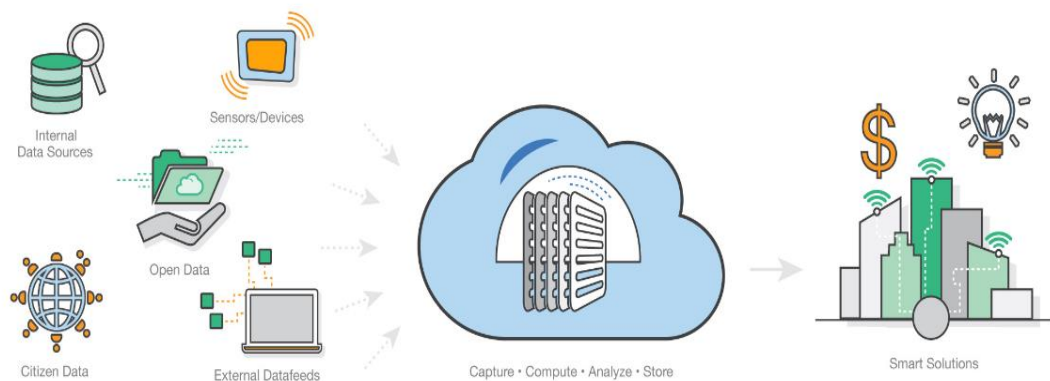
- Es necesario realizar la evaluación de los resultados y errores del proyecto piloto, a partir de indicadores de desempeño incluida la satisfacción de los ciudadanos.
- Como paso final, se deben usar los datos obtenidos de los indicadores y realimentar a las áreas correspondientes con el fin de revisar las lecciones aprendidas y dar mejoramiento y continuidad al proceso de las Smart City.

El proceso de transformación de una ciudad tradicional a una Smart City, es un proceso lento, y actualmente, se han desarrollado algunas normativas y buenas practicas que permiten a las ciudades contar con guías de seguridad y calidad que puedan mejorar las condiciones de los ciudadanos.

#### 6.5. SERVICIOS CLOUD PARA LA SMART CITY

Los servicios de computación en la nube (cloud Computing), permiten prestar servicios informáticos a través de internet con sistema de precios basado en consumo [32], y es por ello que estos servicios se convierten en un factor importante para la transformación de una ciudad tradicional a Ciudad Inteligente, con un amplio abanico de productos.

Pero, ¿Cómo funciona la informática en la nube? [6]. Para Amazon Web Service “La informática en la nube ofrece un método sencillo de obtener acceso a servidores, almacenamiento, bases de datos y una amplia gama de servicios a través de internet”, ésta, ofrece a los ciudadanos y empresas los recursos de computación con buen mantenimiento, seguro y de fácil acceso, lo que se refleja en la Figura 14. Existen tres (3) tipos de nube definidas como:



**Figura 14 Modelo Smart Citié AWS [33]**

1. **Pública:** *Diversas empresas pueden usarla de manera simultánea, pero separadamente. El proveedor de nube es responsable por el mantenimiento y seguridad [34]. Los usuarios pueden tener acceso a las aplicaciones de forma gratuita o de pago. Su principal ventaja es su capacidad de procesamiento y almacenamiento sin instalar máquinas locales.*
2. **Privada:** *Constituida de una sola organización con su propia nube de servidores y software para la utilización sin un punto de acceso público [34].*
3. **Híbrida:** *Construida con nubes públicas y privadas, aprovechando las ventajas de las dos infraestructuras, permitiendo mantener mayor control sobre los servicios que tiene [35].*

Igualmente, existen diferentes modelos de servicios que representa una parte los servicios cloud:

- **Infraestructura como Servicio (IaaS):** *“La Infraestructura como servicio, que se abrevia a IaaS (por sus siglas en inglés Infrastructure as a Service), le*



*proporciona el mayor nivel de flexibilidad y control de la administración en torno a sus recursos de TI y guarda el mayor parecido con los recursos de TI existentes con los que muchos departamentos de TI y desarrolladores están familiarizados” [33].*

- **Plataforma como Servicio (PaaS):** *“Las Plataformas como servicio (por sus siglas en inglés Platform as a Service) eliminan la necesidad de las compañías de administrar la infraestructura subyacente (normalmente hardware y sistemas operativos) y le permiten centrarse en la implementación y la administración de sus aplicaciones. Esto contribuye a mejorar su eficacia, pues no tiene que preocuparse del aprovisionamiento de recursos, la planificación de la capacidad, el mantenimiento de software, los parches ni ninguna de las demás arduas tareas que conlleva la ejecución de su aplicación” [33].*
- **Software como Servicio (SaaS):** *“El Software como servicio (por sus siglas en inglés Software as a Service) le proporciona un producto completo que el proveedor del servicio ejecuta y administra. En la mayoría de los casos, quienes hablan de Software como servicio en realidad se refieren a aplicaciones de usuario final. Con una oferta de SaaS, no tiene que pensar en cómo se mantiene el servicio ni en cómo se administra la infraestructura subyacente. Solo tiene que preocuparse de cómo utilizar el software concreto. Un ejemplo común de una aplicación de SaaS es un programa de email en la Web que le permite enviar y recibir mensajes sin tener que administrar la agregación de características ni mantener los servidores y los sistemas operativos en los que se ejecuta el programa de email.” [33].*

Es por esto que los servicios cloud proporcionan grandes opciones para su desarrollo, convirtiéndose en el cerebro de la Smart Cities, permitiendo el uso de

diferentes soluciones orientadas al mejoramiento y eficiencia de la ciudad. Estas soluciones factibles de aplicación para una Ciudad Inteligente son:

### **1. Servicios de Transporte y Movilidad:**

- **Sensibilización inteligente del tráfico:** monitoreo y gestión de tráfico de forma remota para priorizar los recursos y resolver posibles problemas en el momento oportuno [36].
- **Intersecciones inteligentes:** por medio de una fuente de video se conoce la situación en las intersecciones recopilando y registrando los datos de todo lo que sucede, así como el número de vehículos, la velocidad, la clasificación de los vehículos y muchos más datos.
- **Parqueaderos inteligentes:** con ayuda de una plataforma de software y los sensores de video que pueden ya estar implementados en una ciudad, se puede procesar la información sobre la disponibilidad de parqueaderos y los datos de los vehículos que están parqueados.
- **Gestión de Transporte Público:** con una herramienta de gestión integral para la monitorización del estado de los vehículos de servicio público urbano. Esta, permite generar informes de tendencia de estado técnico de los vehículos, identificando los vehículos de alto riesgo.
- **Iluminación inteligente de las calles:** con la implementación de sistemas de gestión de iluminación para el alumbrado público, ofrece posibilidades para analizar y planificar los recursos energéticos que se utilizan en el alumbrado y que elementos requieren reparación.

- **Análisis inteligente de los servicios de transporte:** permite conocer las pautas de desplazamiento, horas punta y horas valle, así como patrones estacionales e históricos que permiten tomar decisiones sobre futuros proyectos y mejorar los servicios de transporte.
- **Pantallas inteligentes de tráfico:** le ofrece a la ciudadanía los horarios del transporte público y las paradas más cercanas.
- **Aplicaciones de transporte público:** estas aplicaciones convierten a los ciudadanos en sensores que permiten conocer el estado del transporte público de la ciudad.

## 2. Seguridad Pública:

- **Servicio de atención de emergencias:** con plataformas de aplicación de algoritmos y análisis de datos entregados por objetos IoT, tales como teléfonos inteligentes, elementos portátiles, sensores, y cámaras, se pueden recolectar una serie de datos que a los servicios de emergencia les permitir reaccionar más rápido ante cualquier evento que se puede presentar.
- **Detección de Incendios:** los sensores de toda la ciudad pueden ser utilizados para detectar condiciones peligrosas que pueden ocasionar un incendio, alertando de manera temprana a los servicios de emergencia y que estos puedan atender de manera oportuna la amenaza.
- **Cámaras Corporales:** con activadores de grabación automáticos para policías, que permite en tiempo real, conocer el estado de los agentes y almacenar el video en la nube.

- **Detección de Inundaciones:** utilizando sensores en las zonas bajas para detectar posibles inundaciones permitirá a los servicios de emergencia responder ante situaciones de peligro.

### 3. Salud Pública:

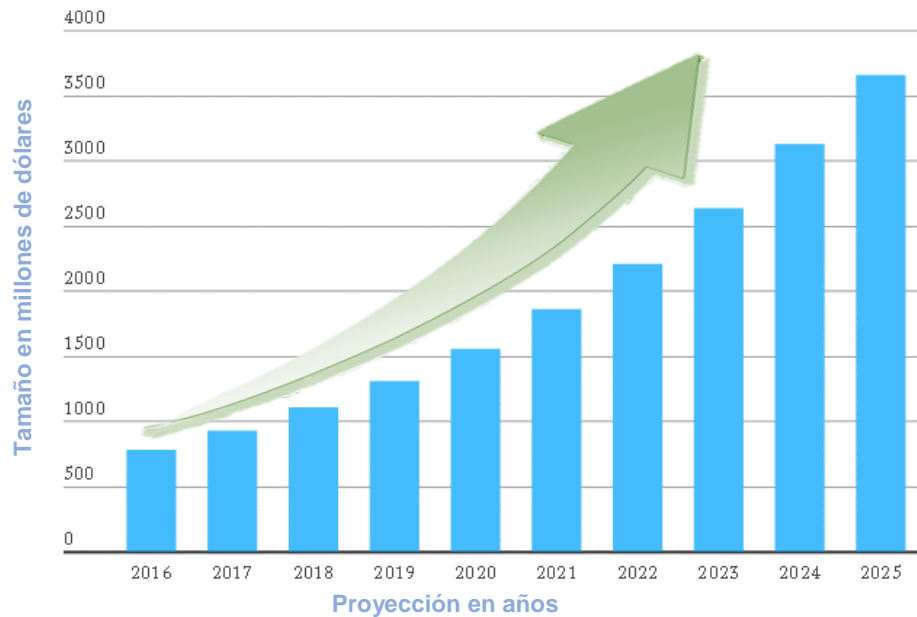
- **Calidad del aire:** la instalación de sensores de calidad de aire en toda la ciudad permite obtener datos de la calidad de las moléculas de aire con el fin alertar a la población vulnerable.
- **Monitoreo de calidad del agua:** con soluciones de monitorización de agua se pueden generar alertas de la calidad de la misma.

### 4. Medio ambiente y calidad de vida:

- **Plataforma interactiva:** mediante este tipo de plataformas las ciudades pueden poner a disposición de los ciudadanos una manera de interactuar, realizando consultas y búsquedas basadas en ubicación o límites personalizados.
- **Recolección de basuras:** con el uso de contenedores y sensores se puede informar en tiempo real el nivel de llenado con el fin de programar de forma eficiente su recolección.

Las ciudades del mundo cada vez son más urbanizadas, y conforme pase el tiempo mayor será su crecimiento. En el estudio realizado por **The Insight Partners** (proveedor integral de investigación de soluciones procesables para la industria. Especialistas en Tecnología, Medios y Telecomunicaciones [37]) “*Smart City Market to 2025 – Global Analysis and Forecast by Industry Verticals*”

para el 2025 el 65% del crecimiento económico se generará en las 600 ciudades más grandes del planeta. El mercado de la Smart City proyecta un movimiento de más 3.5 billones de dólares para ese mismo año; siendo Estados Unidos y Canadá los países que lideraran este mercado. En la Figura 15 se proyecta el tamaño del mercado global en millones de dólares para las Smart Cities:



**Figura 15 Tamaño del mercado global de Smart Cities [38]**

Con el crecimiento proyectado, las ciudades necesitarán crecer en términos de servicios para cubrir las necesidades de todos los ciudadanos [39], creando la necesidad de manejar de manera eficiente los datos generados por los sensores, vehículos y de los diferentes dispositivos que hacen parte de la Ciudad Inteligente, a su vez, esta recolección de información, genera una gran cantidad de datos al mes, por lo que es fundamental contar con un almacenamiento seguro y que permita escalabilidad conforme surgen las necesidades, sin necesidad de realizar inversiones continuas para aumentar la capacidad de almacenamiento. Igualmente, es fundamental contar con la disponibilidad y seguridad de los datos, un entorno que permita la capacidad de procesamiento

y desarrollo que genere la posibilidad de transformarla en información útil para la toma de decisiones futuras. Estas condiciones son suplidas por la computación en la nube (cloud Computing), que adicionalmente, permite el acceso generalizado e interoperatividad de sistemas, permitiendo la comunicación entre los diferentes departamentos de la Smart City.

Es por este tipo de facilidades que los servicios cloud se convierten en un aliado importante para las Ciudades Inteligentes, resumiéndolo en cinco claves [40]:

1. **El almacenamiento ilimitado de datos:** conforme pasen los años, aumentarán la cantidad de dispositivos conectados. Se estima que para el año 2020 existirán más de 25.000 millones de dispositivos conectados a la red con un tamaño promedio de 40ZB de información. Por este motivo los servicios cloud se convierten en la solución ideal para el crecimiento exponencial que se presentará en las ciudades conectadas, al mismo tiempo que garantiza su respaldo.
2. **La disponibilidad de la información en tiempo real:** los servicios cloud facilitan la prestación de servicios urbanos, permitiendo la captura y gestión de información distribuida en entornos urbanos, garantizando la disponibilidad para ciudadanos y gestores públicos.
3. **Datos abiertos para compartir:** los servicios cloud favorecen el conocimiento participativo, que es fundamental para el desarrollo de las Smart Cities. Adicionalmente, la publicación de información favorece la transparencia hacia los ciudadanos, y permite reutilizar y distribuir los datos para ponerlos a disposición de desarrolladores, empresas y emprendedores para que accedan a ellos mediante APIs para lanzar aplicaciones y servicios que aporten valor y que fomente la innovación constante en la Ciudad Inteligente.

- 4. La confianza de disponibilidad:** los servicios cloud proporcionan confianza en cuatro aspectos fundamentales para una Smart City; a). seguridad frente a las amenazas de terceros, b). el cumplimiento de normatividad de privacidad y tratamiento de datos personales, c). opciones de interoperabilidad con la infraestructura existente en las ciudades; d). disponibilidad y continuidad de servicio y los datos ante una eventual catástrofe natural.
- 5. Ahorro de costos:** la nube ofrece ahorros financieros, ya que ofrece servicios por pago, es decir, que pagas solo lo que usas con opción de ampliar los recursos, igualmente, suple la obsolescencia tecnológica que se encuentra ligada al hardware de un datacenter. Igualmente, los servicios cloud reducen el consumo de energía, elimina carga administrativa en gestión de redes locales y facilita el desarrollo de servicios que pueden ser reutilizados dentro de la Smart City.

En Colombia actualmente se han desarrollado diferentes referentes que permiten a las entidades del estado contratar servicios cloud; según estos acuerdos marco de nube privada y pública de Colombia compra Eficiente, el objetivo de estos, es establecer las condiciones para prestar el servicio a las entidades del estado [41]. Igualmente, según el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, el uso de los servicios cloud con un esquema público, facilita la coordinación entre entidades estatales y con esto favorece el desarrollo de estrategias gubernamentales, e igualmente finaliza indicando: "Ignorar la potencialidad de la Nube puede suponer un error estratégico a largo plazo. La computación en la Nube "democratiza" las tecnologías de la información, de lo cual los ciudadanos de los países en desarrollo serán los mayores beneficiados. El gobierno debe dar ejemplo sobre su implementación y adopción" [42].

## 6.6. RECOMENDACIONES PARA COLOMBIA

Como se mencionaba en capítulos anteriores, una ciudad inteligente debe poner en el centro de su desarrollo a los ciudadanos, de igual manera, es necesario identificar esas necesidades que son prioridad para las personas. Es por esto, que entre los indicadores que se mencionaron en el capítulo “Smart Cities Actuales” se resaltan los factores como capital humano, cohesión social y Tecnología. Sin embargo, es necesario definir los factores que midan el nivel de avance hacia una Smart City en Colombia, teniendo en cuenta su avance en temas de erradicación de alfabetismo, acceso a educación tecnológica y tiempo promedio de atención de emergencias.

La educación es uno de los elementos que potencia las capacidades humanas, mejora la salud, la nutrición, permite fortalecer los valores y normas sociales y en general, hace posible que las personas alcancen mejores condiciones de vida. Además, a través de la educación se sientan las bases para recrear y adaptar a la sociedad a los cambios que exige un mundo cada vez más competitivo y globalizado.

El Ministerio de Educación desde el año 2000 ha iniciado diferentes alternativas con el fin de mejorar el acceso a la educación y la erradicación del analfabetismo, en este proceso se evaluaron tres indicadores; la tasa de analfabetismo funcional para personas con menos de tres años de educación aprobados, la tasa de asistencia a centros educativos entre personas de 7 a 25 años y los años de educación promedio. Para estos indicadores en tema de analfabetismo funcional en el 2003 la tasa media se encontraba en 15.5%, la tasa promedio de asistencia escolar de las personas entre 7 y 25 años era de 59,1% y la tasa media para educación promedio es de 5.3 años [43]. Con el propósito de avanzar en el proceso de mejorar la calidad de vida de los colombianos mediante la educación, el Ministerio de Educación Nacional inició el proyecto “Escribiendo cada paso”



con el que se pretendía cerrar la brecha de desigualdad de más de 2 millones (5.8%) de colombianos que no saben leer ni escribir, la meta era reducir este índice de 3.8% sin embargo, esto no fue posible debido a los constantes cambios que se presentan en las entidades del estado, afectando la continuidad del proyecto [44].

Debido a que las entidades del estado están en constante cambio, es importante que logre mantener un liderazgo que dé continuidad a los proyectos que busquen mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. De ahí de que sea necesario que se generen estándares de calificación a nivel nacional que incentiven localmente esa continuidad.

En cuestión de educación digital el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones desde hace 9 años ha realizado una labor de educación dirigida a toda la población colombiana, mediante el programa “Computadores para Educar”, ha pasado de contar en entidades públicas de 1 computador para cada 24 estudiantes, a 1 computador por cada 4 estudiantes, igualmente, busca formar a 2.500 docentes y directivos de territorios de reconciliación en la implementación de actividades orientadas a la educación para la paz a través del uso de las tecnologías y las metodologías innovadoras en las aulas [45].

Igualmente, el MINTIC y el MEN trabajan en el proyecto Aula Digital que tienen como objetivo proveer acceso a una educación universal y de calidad a través de la tecnología, actualmente se ha implementado en 13 municipios beneficiando a 3.791 docentes y 87.193 estudiantes, vinculado a 505 instituciones educativas. Según cifras de conexión en Colombia 2017 – 2018 actualmente existen 968 municipios conectados con internet móvil 4G y tiene 1.217 zonas Wi-Fi gratis, además, se estima que actualmente ya se cuenta con 6.700.000 ciudadanos con alfabetización digital, que equivale al 13,67% de los habitantes en el país [46].

En este campo, aunque es necesario seguir mejorando se han tenido avances importantes, la meta sería que más del 80% de la población colombiana contara con este tipo de educación, teniendo en cuenta las condiciones locales de cada municipio.

Ahora, en el trayecto de migración a ciudades inteligentes es importante el factor educación, sin embargo, una de las necesidades más importantes por las que atraviesa el país, es la atención de emergencias. Actualmente, no se encuentra una estadística consolidada del tiempo de atención de emergencias en el país. Sin embargo, en el 2017 entró en vigencia la resolución 926 de 2017 en donde reglamenta el desarrollo y operación del Sistema de Emergencias Médicas (SEM) en Colombia, con el fin de articular las diferentes normas que tienen que ver con la materia y garantizar una respuesta oportuna y efectiva a las situaciones de urgencia que se presente en todo el territorio nacional [47]. Hasta ahora no se conocen datos exactos del tiempo medio de atención en todo el país, sin embargo, en Bogotá con el Decreto 793 de 2018 busca controlar a los servicios de emergencia, obligándolos a tener un sistema de localización, referenciación, radiocomunicación y deberá reportar si está activo y que operación está realizando. Con esto lo que se busca es tener mayor control en el sistema de emergencias y mejorar el tiempo de respuesta en la atención [48].

En este sentido, además del factor de ubicación es necesario revisar la infraestructura en cuestiones de movilidad dentro de las ciudades, con el fin de mejorar los recorridos de los servicios de emergencia, como se mencionaba en el caso de Reykjavik en donde se cuenta con un sistema de semaforización inteligente.

Para cualquiera de los anteriores ítem mencionados es necesario contar con el liderazgo constante de parte del estado, con el fin de que los proyectos sean ejecutados en su totalidad y se dé la transformación que el país busca.

## 7. CONCLUSIONES

A lo largo del desarrollo de este proyecto, se aprendieron diferentes conceptos que permiten identificar en qué condiciones se encuentra Bogotá y diferentes ciudades a nivel nacional en temas de avance hacia una Smart City concluyendo que:

- El principal objetivo de las Smart Cities, es brindar a los ciudadanos una mejor calidad de vida, usando como base las innovaciones tecnológicas actuales, es por esto que los servicios cloud, se han convertido en una herramienta versátil que ha apoyado este proceso.
- Conforme se desarrollen servicios en las Smart Cities los datos e información que estos generen serán analizados, para esto se requiere de una gran infraestructura, y esto se convierte en altos costos, sin embargo, los servicios cloud y su cobro bajo demanda, ayuda a que estos costos disminuyan y sean controlados.
- Una Smart City, presta servicios de movilidad y transporte, servicios de salud y servicios de emergencia, es por esto, que requiere un nivel de disponibilidad del 100%, y este nivel no lo entrega una infraestructura física privada, pero si una infraestructura basada en cloud.
- Colombia cuenta con innumerables retos por superar en cuestión de infraestructura, equidad, sostenibilidad, movilidad, comunicación, entre otros. Adicionalmente, no cuenta con una infraestructura tecnológica adecuada que permita generar soluciones óptimas para los ciudadanos, es por esto, que los servicios cloud son una alternativa asequible para generar servicios que faciliten la vida de las personas.
- En los últimos años, el gobierno de Colombia, ha desarrollado diferentes lineamientos tecnológicos que le permiten a las entidades e instituciones del estado apoyar su infraestructura en servicios cloud. Sin embargo, muchas de

estas entidades no han iniciado este proceso, ya sea por falta de interés o desconocimiento de los beneficios que esta infraestructura aporta.

- Uno de los factores limitantes para realizar implementaciones de servicios cloud por parte del gobierno colombiano, es que los proveedores que prestan estos servicios y que tienen datacenters en Colombia, no tienen el respaldo necesario en cuanto a seguridad, disponibilidad, continuidad y capacidad a largo plazo, como lo realizan compañías como Amazon, Microsoft, entre otras.
- La utilización de servicios cloud de compañías como Amazon y Microsoft para las entidades del estado, es restringido debido al manejo de información, pues, aunque cuentan con datacenters en diferentes ciudades del mundo, su nodo central se encuentra en Estados Unidos, y allí las políticas de protección de datos son diferentes dependiendo de los requerimientos del gobierno americano.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] DNP, «Departamento Nacional de Planeación,» 02 2018. [En línea]. Available: [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Vivienda%20Agua%20y%20Desarrollo%20Urbano/SMART%20CITIES/2018/2\\_Pol%C3%ADtica%20Ciudad%20y%20Territorio%20Inteligente\\_PBONILLA%20%281%29.pdf?](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Vivienda%20Agua%20y%20Desarrollo%20Urbano/SMART%20CITIES/2018/2_Pol%C3%ADtica%20Ciudad%20y%20Territorio%20Inteligente_PBONILLA%20%281%29.pdf?). [Último acceso: 04 2018].
- [2] Naciones Unidas, «Naciones Unidas,» 21 06 2017. [En línea]. Available: <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/world-population-prospects-2017.html>. [Último acceso: 21 07 2018].
- [3] EL TIEMPO, «Venezolanos, la migración más grande en la historia del país,» *EL TIEMPO*, pp. <http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/venezolanos-la-migracion-mas-grande-en-la-historia-del-pais-72872>, 30 03 2017.
- [4] Organización de las Naciones Unidas, «World Urbanization Prospects,» United Nations, New York, 2014.
- [5] J. G. Yunda, «Bogotá, una de las ciudades con más densidad de población del mundo,» *EL TIEMPO*, pp. <http://m.eltiempo.com/bogota/bogota-es-una-de-las-ciudades-con-mas-densidad-poblacional-del-mundo-240412>, 06 07 2018.
- [6] AWS, «Amazon Web Service,» 2018. [En línea]. Available: <https://aws.amazon.com/es/what-is-cloud-computing/>. [Último acceso: 2018].
- [7] Portafolio, «Portafolio,» 10 03 2017. [En línea]. Available: <https://www.portafolio.co/economia/bogota-le-apunta-a-ser-una-smart-city-504040>. [Último acceso: 11 2018].
- [8] M. C. S. B. C. d. L. M. F. M Bouskela, «The Road toward Smart Cities,» BID Banco Interamericano de Desarrollo, 2016.
- [9] Caracol Radio, «¿Por qué el SITP llegó a esta crisis?,» 13 10 2017. [En línea]. Available: [http://caracol.com.co/emisora/2017/10/13/bogota/1507918574\\_903448.html](http://caracol.com.co/emisora/2017/10/13/bogota/1507918574_903448.html). [Último acceso: 11 2018].
- [10] Alcaldía Mayor de Bogotá, «Alcaldía Mayor de Bogotá,» 02 11 2018. [En línea]. Available: <http://www.bogota.gov.co/movilidad/licitacion-buses-de-transmilenio-adudicada>. [Último acceso: 12 2018].

- [11] Universidad Nacional de Colombia, «Debates Gobierno Urbano,» *Instituto de Estudios Urbanos de la Universidad Nacional de Colombia*, Vols. %1 de %2 ISSN 2248-7204 B, nº 15, 2017.
- [12] Movilidad Bogotá, «Secretaría Distrital de Movilidad,» Alcaldía de Bogotá, 29 11 2017. [En línea]. Available: <http://www.movilidadbogota.gov.co/web/node/2416>. [Último acceso: 12 2018].
- [13] Deloitte, «Smart Cities and the “Cloud”,» 11 2017. [En línea]. Available: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/process-and-operations/us-cons-smart-cities-and-the-journey-to-the-cloud.pdf>. [Último acceso: 11 2018].
- [14] SAP, «SAP,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.sap.com/latinamerica/trends/internet-of-things.html>. [Último acceso: 11 2018].
- [15] AWS, «Amazon Web Services,» 2018. [En línea]. Available: <https://aws.amazon.com/es/ec2/>. [Último acceso: 11 2018].
- [16] AWS, «Amazon,» 2018. [En línea]. Available: <https://aws.amazon.com/es/s3/>. [Último acceso: 11 2018].
- [17] J. M. A. Navarro, *Cloud Computing: fundamentos, diseño y arquitectura aplicados a un caso de estudio*, Madrid, España: Universidad Rey Juan Carlos, 2011.
- [18] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, «Boletín Trimestral de las TIC,» 07 2018. [En línea]. Available: [https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-75854\\_archivo\\_pdf.pdf](https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-75854_archivo_pdf.pdf). [Último acceso: 11 2018].
- [19] DANE, «Estadísticas de Pobreza Monetaria 2017,» 2018. [En línea]. Available: [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones\\_vida/pobreza/cp\\_pobreza\\_monetaria\\_17.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/pobreza/cp_pobreza_monetaria_17.pdf).
- [20] MINTIC, «Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones,» 04 2018. [En línea]. Available: [http://www.archivogeneral.gov.co/sites/default/files/2018-05/articles-73081\\_documento.pdf](http://www.archivogeneral.gov.co/sites/default/files/2018-05/articles-73081_documento.pdf). [Último acceso: 2018].
- [21] DNP, «Departamento Nacional de Planeación,» 2 2018. [En línea]. Available: [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Vivienda%20Agua%20y%20Desarrollo%](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Vivienda%20Agua%20y%20Desarrollo%20)

20Urbano/SMART%20CITIES/2018/2\_Pol%C3%ADtica%20Ciudad%20y%20Territorio%20Inteligente\_PBONILLA%20%281%29.pdf?. [Último acceso: 2018].

- [22] City Protocol Agreement, «City Anatomy: A Framework to support City Governance, Evaluation and Transformation,» CPA-I\_001-v2\_City Anatomy, [https://cpsociety.sharepoint.com/sites/cptf/CPTSC/Private%20Documents/Publications/CPA-I\\_001-v2\\_City\\_Anatomy.pdf?slid=a90c9b9e-d0c7-7000-5935-8b03530aedfe](https://cpsociety.sharepoint.com/sites/cptf/CPTSC/Private%20Documents/Publications/CPA-I_001-v2_City_Anatomy.pdf?slid=a90c9b9e-d0c7-7000-5935-8b03530aedfe), 2015.
- [23] E. GÓMEZ, «Informe de la CTA sobre la seguridad y accesibilidad en las ciudades inteligentes,» 2017. [En línea]. Available: <https://smart-lighting.es/seguridad-ciudades-inteligentes/>. [Último acceso: 10 2018].
- [24] P. J. E. R. Prof. Pascual Berrone, «IESE Cities in Motion Index (CIMI),» IESE, 2018.
- [25] smartcitiesworldforums, «Smartcitiesworldforums,» 17 11 2017. [En línea]. Available: <http://www.smartcitiesworldforums.com/news/smart-cities-north-america/smart-infrastructure-na/62-new-york-city-named-best-smart-city-of-2016>. [Último acceso: 11 2018].
- [26] Ecologiaverde, «Ecologiaverde,» 23 01 2018. [En línea]. Available: <https://www.ecologiaverde.com/ciudades-inteligentes-en-el-mundo-ejemplos-1139.html>. [Último acceso: 11 2018].
- [27] smart-energy., «Smart-Energy.,» 21 01 2018. [En línea]. Available: <https://www.smart-energy.com/regional-news/europe-uk/london-joins-european-smart-cities-initiative/><https://www.smart-energy.com/regional-news/europe-uk/london-joins-european-smart-cities-initiative/>. [Último acceso: 11 2018].
- [28] CINCO CASOS EXITOSOS DE CIUDADES INTELIGENTES, «Enter,» 13 10 2013. [En línea]. Available: <http://www.enter.co/cultura-digital/ciudadinteligente/5-casos-exitosos-de-ciudades-inteligentes/>. [Último acceso: 11 2018].
- [29] smartcity.press, «Smartcity.Press,» 06 11 2017. [En línea]. Available: <https://www.smartcity.press/paris-smart-city-initiatives/>. [Último acceso: 11 2011].
- [30] Energy Digital, «Energy Digital,» 13 07 2018. [En línea]. Available: <https://www.energydigital.com/top10/top-10-smart-cities>. [Último acceso: 11 2018].

- [31] SmartCitiesWorld, «SmartCitiesWorld,» 12 10 2016. [En línea]. Available: <https://www.smartcitiesworld.net/news/news/reykjavik-gets-the-green-light-1010>. [Último acceso: 11 2018].
- [32] Amazon Web Service, «Amazon Web Service,» Amazon, [En línea]. Available: <https://aws.amazon.com/es/what-is-cloud-computing/>. [Último acceso: 10 2018].
- [33] AWS, «Amazon Web Service,» Amazon, 2018. [En línea]. Available: <https://aws.amazon.com/es/types-of-cloud-computing/>. [Último acceso: 11 2018].
- [34] Salesforce, «SalesForce,» Salesforce, 2018. [En línea]. Available: <https://www.salesforce.com/mx/cloud-computing/>. [Último acceso: 19 11 2018].
- [35] J. M. A. Navarro, «Cloud Computing: fundamentos, diseño y arquitectura aplicados a un caso de estudio,» Madrid - España, 2011.
- [36] Amazon Web Service, «Amazon,» Amazon, 2018. [En línea]. Available: <https://aws.amazon.com/es/smart-cities/>. [Último acceso: 2018].
- [37] Marketresearch, «Marketresearch,» 04 09 2018. [En línea]. Available: <https://www.marketresearch.com/TIP-Knowledge-Services-v4095/>. [Último acceso: 11 2018].
- [38] juanfdez, «Hablemos de Empresas,» 9 05 2018. [En línea]. Available: <https://hablemosdeempresas.com/grandes-empresas/futuro-de-las-smart-cities/>. [Último acceso: 11 2018].
- [39] R. G. Esteban, «Blogthinkbig,» 25 07 2017. [En línea]. Available: <https://aunclicdelastic.blogthinkbig.com/cloud-computing-como-cerebro-de-las-smart-cities/>. [Último acceso: 10 2018].
- [40] Revista Cloud Computing, «5 Claves para convertir la nube en el cerebro de las Smart Cities,» 30 10 2017. [En línea]. Available: <https://www.revistacloudcomputing.com/2017/10/5-claves-para-convertir-la-nube-en-el-cerebro-de-las-smart-cities/>. [Último acceso: 11 2018].
- [41] Colombia Compra Eficiente, «Colombia Compra Eficiente,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.colombiacompra.gov.co/tienda-virtual-del-estado-colombiano/tecnologia/servicios-de-nube-privada-ii>. [Último acceso: 2018].



- [42] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, «MinTic,» 05 2015. [En línea]. Available: <https://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-9352.html>. [Último acceso: 11 2018].
- [43] Ministerio de Educación Nacional, «Ministerio de Educación Nacional,» 2005. [En línea]. Available: [https://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/articles-101270\\_archivo\\_pdf1.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/articles-101270_archivo_pdf1.pdf). [Último acceso: 01 2019].
- [44] RCN RADIO, «RCN RADIO,» 07 09 2018. [En línea]. Available: <https://www.rcnradio.com/recomendado-del-editor/colombia-no-cumplio-con-metas-establecidas-para-superar-el-analfabetismo>. [Último acceso: 01 2019].
- [45] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones , «Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones,» 05 06 2018. [En línea]. Available: <https://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-75436.html>. [Último acceso: 01 2019].
- [46] El Mundo, «El Mundo,» Sin acceso a Internet no puede haber desarrollo en Colombia , 23 05 2018. [En línea]. Available: <https://www.elmundo.com/noticia/Sin-acceso-a-Internet-no-puede-haber-desarrollo-en-Colombia/371434>. [Último acceso: 01 2019].
- [47] C. Salud, «Consultor Salud,» SISTEMA DE EMERGENCIAS MÉDICAS (SEM)- RESOLUCIÓN 926 DE 2017, 04 2017. [En línea]. Available: <http://www.consultorsalud.com/sistema-de-emergencias-medicas-sem-resolucion-926-de-2017>. [Último acceso: 01 2019].
- [48] E. Tiempo, «El Tiempo,» Ponen freno a 'caza' de pacientes y tiempo de respuesta de ambulancias, 27 12 2018. [En línea]. Available: <https://www.eltiempo.com/bogota/entro-en-vigencia-decreto-que-pone-tatequieto-al-caos-en-ambulancias-309354>. [Último acceso: 01 01].
- [49] MINTIC, «Ministerio de las Tecnologías de la información y las Comunicaciones,» 28 mayo 2015. [En línea]. Available: <https://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-9352.html>. [Último acceso: 23 04 2018].
- [50] Yunda, Juan Guillermo, «EL TIEMPO,» 06 07 2018. [En línea]. Available: <http://m.eltiempo.com/bogota/bogota-es-una-de-las-ciudades-con-mas-densidad-poblacional-del-mundo-240412>. [Último acceso: 10 07 2018].
- [51] S. M. Wheeler, «Built Landscapes of Metropolitan Regions,» *Journal of the American Planning Association*, pp. 167-189, 2015.

- [52] URBANPRO, «URBANPRO,» 03 2016. [En línea]. Available:  
<http://www.urbanpro.co/wp-content/uploads/2016/03/pobreza-y-desigualdad-en-colombia-av-y-ret-1.pdf>. [Último acceso: 08 2018].
- [53] MINTIC, «Boletín Trimestral de las TIC - Cifras primer semestre del año 2018,» Bogotá, 2018.
- [54] J. L. R. y. J. D. M. G. Jorge Lastras Hernansanz, *Arquitecturas de red para servicios en Cloud*, Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid - Facultad de Informática, 2009.
- [55] IESE Business School University of Navarra , «IESE Cities in Motion Index 2018,» CITIES IN MOTION, 23 05 2018. [En línea]. Available:  
<https://blog.iese.edu/cities-challenges-and-management/2018/05/23/iese-cities-in-motion-index-2018/>. [Último acceso: 11 2018].